

Perancangan dan Implementasi Demodulator GMSK untuk Pengiriman Citra pada Sistem Komunikasi Satelit Nano 2,4 GHz

Ikhwanti Indahsari, Suwadi, dan Gamantyo Hendrantoro

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: gamantyo@ee.its.ac.id

Abstrak—Stasiun bumi merupakan suatu *ground segment* yang berfungsi sebagai pemancar dan penerima, ke dan dari satelit, untuk komunikasi data satelit, khususnya satelit nano. Stasiun bumi pada Tugas Akhir ini hanya berfungsi pada arah *downlink* saja, yakni hanya menerima data yang dipancarkan dari satelit nano. Stasiun bumi terdiri dari berbagai macam modul seperti antenna, *RF Downlink*, *baseband* (demodulator), *decoder*, dan PC untuk mencuplik data hasil pemrosesan. Demodulator berfungsi mengembalikan sinyal hasil modulasi ke bentuk semula. Penelitian yang diambil dari Tugas Akhir ini bertujuan merancang dan membuat perangkat demodulator GMSK yang bekerja pada *baudrate* 19200 baud/s. Demodulator ini diimplementasikan dengan demodulator FM pendekatan PLL dan filter Gaussian dengan BT 0,5. Hasil pengujian menunjukan bahwa demodulator bisa mendemodulasi sinyal analog dengan *baud rate* 19200 baud/s. Hasilnya sudah sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk *baseband* stasiun bumi. Demodulator ini telah diuji dengan menggunakan perangkat modulator dengan frekuensi output sebesar 9,517 KHz. Pada akhir pengujian disarankan pemilihan demodulator FM dengan pendekatan demodulator IQ karena akan menghasilkan demodulasi GMSK yang maksimal saat diintegrasikan dengan filter Gaussian.

Kata Kunci—stasiun bumi penerima, demodulator GMSK, PLL demodulator FM, filter gaussian.

I. PENDAHULUAN

BEBERAPA tahun terakhir, komunikasi satelit di Indonesia menjadi pusat perhatian di kalangan mahasiswa maupun lembaga yang memang bergerak dalam dunia satelit. Dialah satelit nano, satelit ini sama dengan satelit pada umumnya namun berbeda dalam segi dimensi, massa dan pengorbitannya. Seperti yang kita ketahui bahwa satelit nano mempunyai dimensi yang kecil, massa yang kurang dari 10Kg, dan pengorbitannya berada pada lintasan LEO (*Low Earth Orbit*). Berbicara tentang bagaimana antusiasme para mahasiswa dan lembaga, beberapa perguruan tinggi di Indonesia membentuk forum *Indonesian Nano Satellite Platform Initiative for Research and Education* (INSPIRE) yang menggerakkan kemandirian mahasiswa untuk membuat dan meluncurkan satelit nano Indonesia yang pertama, *Indonesian Inter-University Satellite* (IiNUSAT). Satelit ini dibuat oleh enam perguruan tinggi di Indonesia (ITS, PENS, UI, ITB, UGM, dan IT TELKOM) serta LAPAN [1].

Dari proyek IiNUSAT inilah, perkembangan satelit nano dimulai, khususnya di Institut Teknologi Sepuluh November

(ITS) Surabaya. Di ITS sendiri sudah terbentuk komunitas satelit, yakni ITS-SAT, diperuntukkan buat mahasiswa yang berminat dan ingin mengembangkan ilmunya di bidang satelit. Mengacu pada proyek IiNUSAT, ITS-SAT akan mengembangkan proyek IiNUSAT yang telah diimplementasikan. Pada proyek IiNUSAT, satelit nano berfungsi untuk mengirimkan dan menerima *text* dari Satelit ke Stasiun bumi portable dan sebaliknya, atau biasa disebut arah *uplink* dan *downlink*, di frekuensi radio amatir. Maka, pengembangan yang akan dan sedang dilakukan oleh ITS-SAT sendiri adalah satelit nano yang mampu mengirimkan citra gambar ke stasiun bumi penerima. Satelit ini akan bekerja pada frekuensi 2.4GHz dengan arah *downlink* saja.

Pada satelit nano dan stasiun bumi penerima, tentunya terdapat beberapa modul penting yang akan memproses jalannya transmisi citra gambar tersebut. Pada penelitian yang diangkat dari Tugas Akhir ini, dirancang dan dibuat demodulator GMSK untuk sisi stasiun bumi penerima. Modulasi GMSK sudah diadopsi di berbagai macam standard komunikasi nirkabel seperti sistem *Digital European Cordless System* (DECT), *Global System for Mobile* (GSM), dan *Cordless Telephone-Second Generation* (CN-2). Dan juga alasan GMSK menjadi pemodulasi citra karena filter Gaussian yang terdapat padanya bertujuan untuk menghilangkan *noise* pada citra dan meningkatkan kualitas detail citra. Hasil rancang dan implementasi ini akan digunakan dalam pembuatan stasiun bumi penerima yang *reliable*.

Makalah ini memuat sistematika penulisan yang terdiri dari pendahuluan yang berisi latar belakang dan deskripsi singkat dari penelitian yang dilakukan, tinjauan pustaka berisi pembahasan beberapa materi yang menunjang penelitian, perancangan dan implementasi perangkat yang berisi penentuan kriteria perancangan dan perancangan pembuatan alat, pengujian dan analisa berisi pengujian alat yang telah direalisasi dan menganalisa hasil yang dicapai, kesimpulan berisi hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan.

Makalah ini hanya membahas mengenai demodulator GMSK pada sistem komunikasi satelit nano untuk transmisi citra pada frekuensi *S-band*, sedangkan penelitian yang membahas modulator GMSK pada sistem satelit nano dibahas pada makalah lain [2].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Gaussian Minimum Shift Keying

Penurunan dari modulasi MSK dimana *sidelobe* spektrum sinyal dihilangkan dengan cara melewati sinyal NRZ ke *pre-modulation filter* sebelum proses modulasi sinyal menggunakan modulator MSK. *Pre-modulation filter* berfungsi sebagai *shaping filter* untuk membentuk sinyal NRZ yang tidak kontinu menjadi sinyal kontinu. Untuk menghasilkan spektrum daya yang kecil, maka *pre-modulation filter* harus memiliki bandwidth yang sempit dengan *cut-off* yang tajam untuk menekan komponen frekuensi tinggi, serta memiliki respon pulsa dengan *overshoot* rendah untuk menghindari simpangan frekuensi seketika yang terlalu besar. Filter yang ideal dikenal sebagai filter gaussian yang memiliki respon impuls sesuai karakter distribusi gaussian klasik. Filter gaussian akan mengurangi spektral sinyal tanpa mengurangi komponen frekuensi tinggi secara drastis jika menggunakan *low pass filter* (LPF) biasa. Akibat dari pengoperasian LPF biasa maka bentuk pulsa akan tumpul. Untuk menghasilkan sinyal keluaran dengan spektrum yang efisien, *pre-modulation LPF* harus memenuhi kriteria : 1) *narrow bandwidth* dan *cut-off* yang tajam, 2) respon impuls menunjukkan penurunan level sinyal yang sekecil mungkin (*lower overshoot*), dan 3) pemeliharaan pulsa keluaran filter yang kompatibel untuk pergeseran fase $\pi/2$ [3].

Filter gaussian mempunyai respon impuls yang dinyatakan sebagai berikut [4] :

$$h(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma T}} \exp\left(-\frac{t^2}{2\alpha^2 T^2}\right) \quad (1)$$

dimana parameter $\alpha = \sigma$ ada hubungannya dengan B, yaitu :

$$\alpha = \frac{\sqrt{\ln 2}}{2\pi BT} \quad (2)$$

sedangkan T adalah periode symbol.

Dengan substitusikan persamaan (2) ke persamaan (1) maka fungsi filter Gaussian menjadi :

$$h(t) = \sqrt{\frac{2\pi}{\ln(2)}} B \exp\left(-2 \frac{(\pi B t)^2}{\ln(2)}\right) \quad (3)$$

dimana B adalah -3 dB *bandwidth* dari filter.

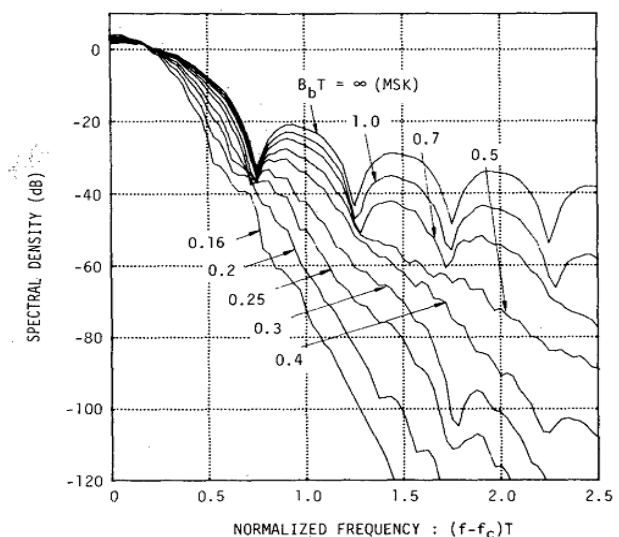
Sinyal GMSK dapat dinyatakan pada persamaan (4),

$$S_{GMSK} = \cos\left[2\pi f_c t + \frac{\pi h}{T_b} \int_{-\infty}^t g(\tau) d\tau\right] \quad (4)$$

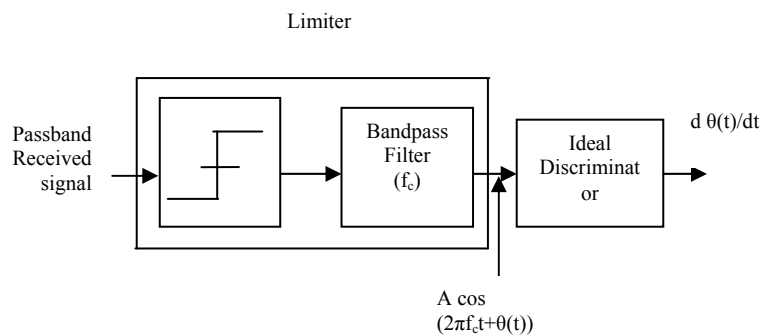
dimana f_c merupakan frekuensi *carrier*, h merupakan indeks modulasi sebesar 0,5, T_b merupakan periode bit, $g(\tau)$ merupakan *frequency pulse*.

Parameter filter Gaussian GMSK dapat ditentukan dengan menggunakan *bandwidth* pada setengah daya (-3 dB) dengan periode bit.

Gambar 1 menunjukkan kurva spektrum daya sinyal GMSK untuk bermacam-macam BT. Spektrum daya MSK, dimana sama dengan GMSK dengan perkalian BT yang tak terhingga. Dengan berkurangnya perkalian BT, maka level *side lobe* turun sangat cepat.



Gambar 1. Kerapatan spektral daya sinyal GMSK[3]



Gambar 2. Limiter-discriminator demodulasi FM [5]

Pengurangan BT akan menambah *bit error rate* yang dihasilkan oleh *low pass filter* yang sepadan dengan ISI sebagai akibat dari peningkatan efisiensi bandwidth akan ada degradasi dalam efisiensi daya. ISI dapat diabaikan jika $BT \geq 0,5$. Secara spesifik kelebihan dari GMSK sendiri yaitu 1) efisiensi daya yang sangat baik, karena memiliki amplitudo yang konstan, 2) efisiensi spektral yang sangat baik, 3) relatif sederhana dan fleksibel, 4) dapat terdeteksi secara koheren sebagai sinyal MSK dan secara non-koheren sebagai FSK[3].

Demodulator GMSK sama halnya dengan modulator GMSK memiliki dua pendekatan untuk menghasilkan sinyal demodulasi GMSK, yaitu dengan FM diskriminator dan IQ demodulator. Proyek Tugas Akhir ini hanya membahas tentang FM diskriminator/demodulator. Membahas tentang FM demodulator, ada dua kelas umum yang didefinisikan sebagai FM demodulator, yakni *limiter-discriminator demodulator* dan *phase locked loop* (PLL).

B. Limiter-discriminator Demodulator

Fungsi dari sebuah demodulator FM adalah untuk mengubah beragam frekuensi sinyal terima passband ke beragam amplitudo, Sehingga mengembalikan sebuah estimasi pesan. Idealnya, sebuah demodulator FM akan menghasilkan fasa sinyal terima, yang dibentuk oleh sebuah *discriminator*, yang ditunjukkan pada gambar 2. Pada prakteknya, yang

ditunjukkan pada gambar 2, *discriminator* secara tipikal didahului oleh sebuah *limiter*, yang menghilangkan fluktuasi amplitudo yang disebabkan oleh *noise* dan kanal distorsi yang mungkin melibatkan kontribusi yang tidak diinginkan untuk output *discriminator*. Ini diterima dengan melewati bentuk gelombang sinus termulasi melalui sebuah *hardlimiter*, yang membangkitkan gelombang kotak, dan kemudian memilih harmonisa yang baik dengan menggunakan filter *bandpass* yang sesuai dengan frekuensi *carrier*. Struktur keseluruhan tersebut disebut *limiter-discriminator* [5].

C. Phase Locked Loop (PLL)

Phase locked loop (PLL) adalah sebuah *effective FM demodulator*, namun juga mempunyai berbagai aplikasi yang lebih luas, termasuk *frequency synthesis* dan *synchronization*. PLL mempunyai contoh peraturan penggunaan *feedback* untuk estimasi dan sinkronisasi di dalam sistem komunikasi, sebuah prinsip yang dibangun di dalam ide utama dibelakang PLL, yang ditunjukkan pada gambar 3.

Gambar 3 sebuah blok diagram PLL, dari blok diagram tersebut kita ingin mengunci fasa input ke PLL. Kita membandingkan fasa input dengan output VCO dengan menggunakan sebuah *phase detector*. Phase detector adalah sebuah rangkaian *logic* yang menghasilkan suatu sinyal DC yang besarnya sebanding dengan beda fasa yang terdeteksi, jadi berfungsi untuk membandingkan fasa sinyal referensi dan fasa sinyal yang dihasilkan keluaran. Jika frekuensinya sama, maka beda fasanya konstan, bila tidak sama maka akan timbul beda fasa yang sesuai dengan perbedaan frekuensinya [6]. Perbedaan antara fasa *drive* input ke VCO. Jika output VCO merupakan kepala dari input PLL dalam fasa, maka kita ingin memperlambat fasa output VCO. Jika output VCO berada di belakang input PLL dalam fasa, kita ingin mempercepat fasa output VCO. Ini diselesaikan dengan menggunakan perbedaan fasa untuk mengontrol input VCO. Secara tipikal, daripada menggunakan output *phase detector* secara langsung untuk permasalahan ini, kita melancarkannya dengan menggunakan sebuah *loop filter* agar mengurangi efek *noise*[6]. Loop filter memiliki dua fungsi pokok yaitu:

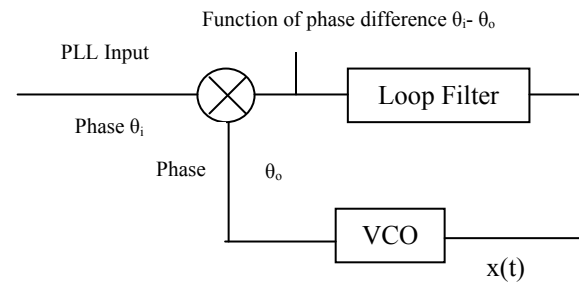
- Membuang *noise* komponen frekuensi tinggi yang dihasilkan oleh *phase detector*.
- Sebagai penentu kinerja dinamik PLL, yang meliputi:
 - *Capture range* dan *lock range*, yaitu daerah frekuensi VCO dimana frekuensi keluaran masih bisa dijaga konstan.
 - *Bandwidth loop* sistem.
 - Respon transiennya, yaitu mencegah *overshoot* yang dapat mengakibatkan osilasi frekuensi keluaran tidak bisa *lock*[5].

Salah satu aplikasi PLL adalah sebagai *FM demodulator*.

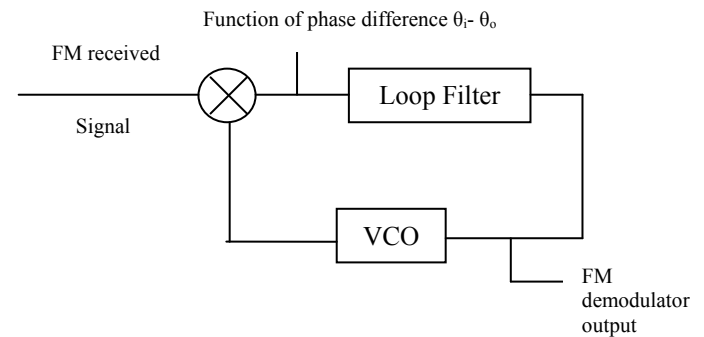
Jika input PLL adalah sniyal FM, phasanya ditunjukkan oleh persamaan

$$\theta_i(t) = 2\pi k_f \int_0^t m(\tau) d\tau \quad (5)$$

Maka, input VCO kira-kira sama dengan *scaled version* daripesan. Sehingga, PLL adalah sebuah FM demodulator, dimanasiyнал FM adalah input PLL, dan output demodulator adalah input VCO, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 [5].



Gambar 3. Blok diagram PLL [5]



Gambar 4. PLL FM demodulator [5]

Fasa output VCO ditunjukkan oleh persamaan,

$$\theta_o(t) = K_v \int_0^t \omega(\tau) d\tau \quad (6)$$

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT

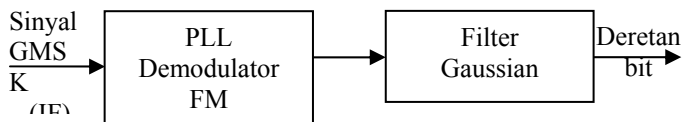
A. Penentuan Kriteria Perancangan

Perancangan modem GMSK diawali dengan menentukan kriteria perancangan. Penentuan kriteria perancangan meliputi kecepatan transmisi data (*baudrate*), penggunaan *bandwidth*, serta *intermediate frequency* (IF) yang diinginkan.

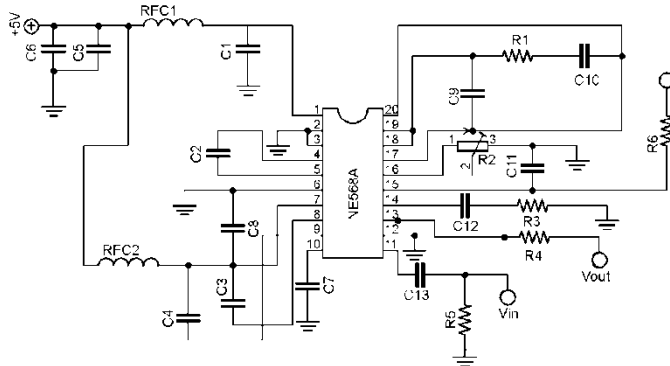
Demodulator GMSK dirancang dengan kecepatan transmisi data sebesar 19200 bps. Besarnya kecepatan transmisi data disesuaikan dengan besarnya kapasitas citra yang akan ditransmisikan dengan resolusi 2 MP dengan format file yang telah terkompresi (jpg/jpeg). Untuk menghasilkan sinyal informasi dari output sinyal GMSK tanpa *inter symbol interference* (ISI) digunakan *bandwidth-time period* (BT) 0.5. Penggunaan nilai BT berkaitan dengan efisiensi penggunaan spektrum frekuensi. Semakin besar nilai BT maka *bandwidth* yang digunakan akan semakin kecil. Frekuensi IF masukan yang direncanakan adalah sebesar 70 MHz. Besarnya frekuensi IF disesuaikan dengan standar penggunaan frekuensi IF untuk sistem komunikasi satelit.

B. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan dan pembuatan demodulator GMSK terdiri dari 2 tahapan yaitu perancangan dan pembuatan PLL demodulator FM serta perancangan dan pembuatan filter Gaussian.



Gambar 5. Perancangan demodulator GMSK



Gambar 6. Skematik rangkaian PLL demodulator FM [7]

Pembuatan PLL demodulator FM dilakukan dengan menggunakan IC NE568AD. Skematik rangkaian PLL demodulator FM ditunjukkan pada Gambar 6.

IC NE568A akan bekerja di frekuensi 70 MHz sebagai inputan IF pada demodulator FM. Untuk ketiga blok diagram, *phase detector*, *loop filter*, dan VCO, yang sudah saling terintegrasi di IC tersebut akan menentukan keluaran sinyal maupun frekuensi sesuai dengan kriteria desain demodulator FM. Data dari *datasheet* bahwasanya VCO terhubung pada pin 4 dan 5, di kedua pin ini akan dihubungkan sebuah *timing capacitor* sebesar 16pF yang akan menghasilkan frekuensi 70MHz. *Phase detector* terhubung pada pin 19 dan 20, blok ini erat kaitannya terhadap blok *loop filter*. Di output pin ini dihubungkan dengan sebuah resistor (R_1) dan sebuah kapasitor (C_{10}) yang masing-masing bernilai 27 Ω dan 560pF. *Loop filter* mengamati karakteristik umum dari *loop*. Blok ini terhubung pada pin 17 dan 18, kedua pin ini saling terhubung dengan pin 19 dan 20. Di keempat pin ini dipasang nilai kapasitor dan resistor, C_9 , C_{10} , dan R_1 , untuk mengontrol output dari *phase detector* yang masing-masing bernilai 47pF, 560pF, dan 27 Ω . Nilai kapasitor C_9 dapat diperoleh dengan rumus:

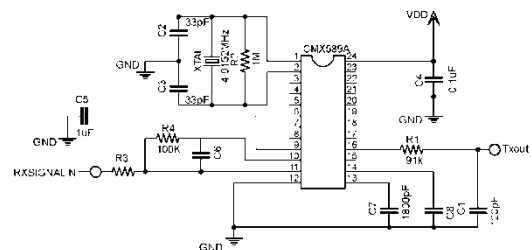
$$C_9 = \frac{1}{2\pi R_5 f_0} F \quad (7)$$

Dimana pada implementasi ini R_5 senilai 50 Ω dan f_0 sebesar 70MHz. Hasilnya menunjukkan angka 45pF, namun saat diimplementasikan nilai 47pF dapat direalisasikan pada alatnya karena ketidaktersediaan nilai 45pF di pasaran. Sedangkan nilai komponen lainnya disesuaikan dengan nilai yang tertera pada tabel 1 berdasarkan *datasheet*. Pembuatan filter gaussian dilakukan dengan menggunakan IC CMX589A. Skematik rangkaian filter gaussian ditunjukkan pada Gambar 7. Dalam perancangannya, dilakukan konfigurasi Pin pada *clock oscillator divider* yang didasarkan pada masukan level logika pada ClkDiv A (Pin 3) dan ClkDiv B (Pin 4). Untuk *rate* 19200 baud digunakan Xtal 4,9152 MHz dengan masukan berupa logika '0' pada Pin 3 dan logika '1' pada Pin 4 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 1.

Komponen eksternal IC NE568AD [7]

C_1	100nF	$\pm 10\%$	Ceramic chip	50V, SMD0805
C_2	16pF	$\pm 2\%$	Ceramic chip	50V, SMD0805
C_3	100nF	$\pm 10\%$	Ceramic chip	50V, SMD0805
C_4	100nF	$\pm 10\%$	Ceramic chip	50V, SMD0805
C_5	100nF	$\pm 10\%$	Ceramic chip	50V, SMD0805
C_6	100nF	$\pm 10\%$	Ceramic chip	50V, SMD0805
C_7	100nF	$\pm 10\%$	Ceramic chip	50V, SMD0805
C_8	100nF	$\pm 10\%$	Ceramic chip	50V, SMD0805
C_9	47pF	$\pm 2\%$	Ceramic chip	50V, SMD0805
C_{10}	560pF	$\pm 2\%$	Ceramic chip	50V
C_{11}	47pF	$\pm 2\%$	Ceramic chip	50V
C_{12}	100nF	$\pm 10\%$	Ceramic chip	50V
C_{13}	100nF	$\pm 10\%$	Ceramic chip	50V
R_1	27 Ω	$\pm 10\%$	Ceramic chip	1/4W
R_2	2k Ω		Trimpot	
R_3	43 Ω	$\pm 10\%$	Ceramic chip	1/4W
R_4	3.9k Ω	$\pm 10\%$	Ceramic chip	1/4W
R_5	50 Ω	$\pm 10\%$	Ceramic chip	1/4W
RFC	10 μ H	$\pm 10\%$	Surface mount	
RFC	10 μ H	$\pm 10\%$	Surface mount	



Gambar 7. Skematik rangkaian filter Gaussian [8]

Tabel 2.

Nilai komponen eksternal rangkaian filter Gaussian [8]

Komponen	Nilai
R_1	91 k Ω
R_2	1 M Ω
R_3	10 k Ω
R_4	100 k Ω
C_1	120 pF
C_2	33 pF
C_3	33 pF
C_4	0,1 μ F
C_5	1 μ F
C_6	22 pF
C_7	68 pF
C_8	68 pF

Tabel 3.

Clock oscillator divider [8]

Input		Xtal/Frekuensi clock (MHz)					
Clk DivA	Clk DivB	24,576	8,192	4,9152	4,096	2,4576	2,048
Data rate (kbps)							
0	0	192	64	38,4	32	19,2	16
0	1	96	32	19,2	16	9,6	8
1	0	48	16	9,6	8	4,8	4
1	1	24	8	4,8	4		

Ket : \Rightarrow Nilai ClkDiv A dan ClkDiv B yang digunakan

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dan pengukuran alat dilakukan dengan melihat sinyal keluaran PLL demodulator FM dan demodulator GMSK pada domain waktu.

A. Pengujian dan Pengukuran PLL Demodulator FM

Pengujian dan pengukuran PLL demodulator FM ini diintegrasikan dengan FM modulator, dilakukan dengan menginputkan sinyal masukan dari signal generator (mode sinyal sinusoidal) frekuensi 9600 Hz. Supply tegangan Pin10 (IC NE5539) diset $\pm 6V$, sedangkan titik cabang R4 dan L1 di supply tegangan sebesar 2,65V. Keluaran modulator FM (Pin 8) dihubungkan ke inputan demodulator FM (Pin 11). Rangkaian demodulator FM di supply tegangan 5 V. Keluaran demodulator FM (Pin 14) dihubungkan ke osiloskop.

Dari data hasil pengujian, tampak bahwa PLL demodulator FM dapat bekerja dengan baik dengan menghasilkan sinyal keluaran, Gambar 8(b), yang hampir sama dengan sinyal inputan, Gambar 8(a). Pada sinyal input diberi masukan frekuensi sebesar 9,598kHz dengan $V=1,3V_{pp}$ dan $T=104,2\mu s$, sedangkan sinyal output diperoleh frekuensi sebesar 9,517kHz dengan $V=0,052V_{pp}$ dan $T=105,1\mu s$. Dari perbandingan input dan output terdapat perbedaan, yakni sinyal output PLL demodulator FM mengalami distorsi dan penurunan level amplitudo sebesar 1,248Vpp. Pada frekuensi input dan output juga memiliki perbedaan sebesar $\pm 81Hz$, ini dikarenakan keakuratan alat ukur dan proses pencuplikan gambar pada osiloskop, namun masih berada pada nilai yang dapat ditoleransi.

B. Pengujian dan Pengukuran Filter Gaussian RX

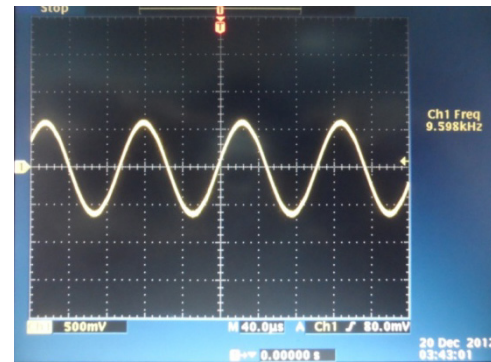
Pengujian dan pengukuran filter Gaussian RX diintegrasikan dengan filter Gaussian TX. Untuk memenuhi ketentuan penggunaan BT 0,5 dan rate 19200 bps, dilakukan konfigurasi terlebih dahulu pada beberapa Pin IC pada filter Gaussian TX dan RX. Konfigurasi Pin ditunjukkan pada Tabel 4 dan 5.

Hasil pengujian filter Gaussian RX dapat dilihat pada Gambar 9. Dari data hasil pengujian *channel 1* merupakan input dari filter Gaussian TX dengan frekuensi 9600 Hz atau yang terlihat pada osiloskop sebesar 9,600 kHz dengan $V=6,20V_{pp}$ dan *channel 2* merupakan output dari filter Gaussian RX dengan frekuensi hasil pengukuran sebesar 9,596 kHz dengan $V=6,30V_{pp}$. Perbedaan frekuensi sebesar $\pm 4Hz$ ini masih dalam kategori nilai toleransi. Osiloskop juga menunjukkan adanya *delay* antara input filter Gaussian TX dan output filter Gaussian RX sebesar 10 μs .

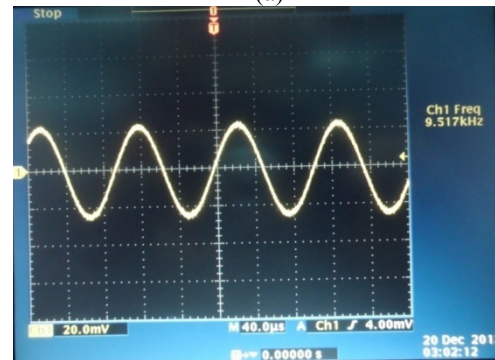
Pada gambar 10 merupakan hasil pengujian RX clock untuk melihat respons sinyal yang menyatakan filter Gaussian RX ini bekerja pada baud rate sebesar 19200 baud/s.

C. Pengujian dan Pengukuran Demodulator GMSK

Pengujian dan pengukuran demodulator GMSK dilakukan dengan mengintegrasikan filter gaussian dengan modulator FM dan PLL demodulator FM dengan filter gaussian. Tahap pengujian dilakukan di beberapa titik *test point*, mencuplik hasil pengukuran pada titik *test point* input filter Gaussian TX, input modulator FM, input demodulator FM, output demodulator FM, dan output filter Gaussian RX yang juga merupakan output demodulator GMSK yang dapat terlihat di osiloskop.



(a)



(b)

Gambar 8. Hasil Pengujian output PLL demodulator FM

Tabel 4.
Konfigurasi pin Tx pada IC CMX589A

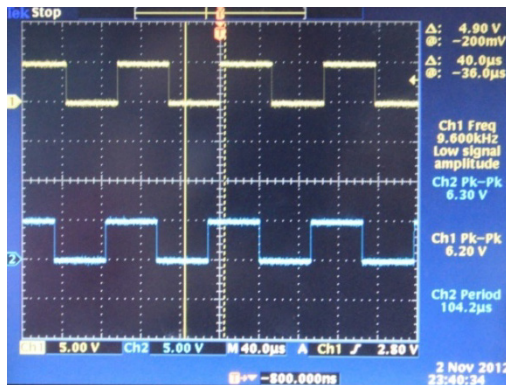
Pin	Sinyal	Konfigurasi
3	ClkDiv A	0
4	ClkDiv B	1
15	BT	1
17	TX Enable	1

Tabel 5.
Konfigurasi pin Rx pada ICCMX589A

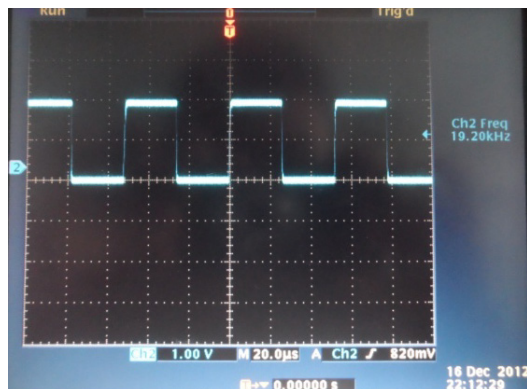
Pin	Sinyal	Konfigurasi
3	ClkDiv A	0
4	ClkDiv B	1
5	RxHOLDN	1
6	RxDCacq	1
7	PLLacq	0
8	Rx PSAVE	0
15	BT	1

D. Pengujian dan Pengukuran Demodulator GMSK

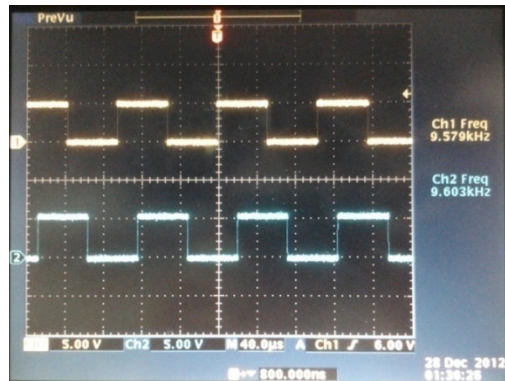
Pengujian dan pengukuran demodulator GMSK dilakukan dengan mengintegrasikan filter gaussian dengan modulator FM dan PLL demodulator FM dengan filter gaussian. Tahap pengujian dilakukan di beberapa titik *test point*, mencuplik hasil pengukuran pada titik *test point* input filter Gaussian TX, input modulator FM, input demodulator FM, output demodulator FM, dan output filter Gaussian RX yang juga merupakan output demodulator GMSK yang dapat terlihat di osiloskop. Pada Gambar 11 terlihat dua cuplikan sinyal, yakni warna kuning mewakili sinyal input filter Gaussian TX dan warna biru mewakili sinyal output demodulator GMSK. Terlihat adanya *delay* antara sinyal input dan output, *delay* ini merupakan waktu yang diperlukan saat proses modulasi dan demodulasi.



Gambar 9. Hasil pengujian filter Gaussian Rx, channel 1 'sinyal masukan', channel 2 'sinyal keluaran'



Gambar 10. Hasil pengujian RX_{CLK}



Gambar 11. Input dan output demodulator GMSK

Besarnya *delay* yang terjadi dapat dihitung dari selisih antara input dan output sebesar 0,5 div dan time/div output sebesar 40 μ s,

$$D = 0,5 \times 40 \mu s = 20 \mu s \quad (8)$$

Adanya perbedaan nilai frekuensi antara input dan output, frekuensi input menyatakan nilai sebesar 9,579 KHz sedangkan frekuensi output menyatakan nilai sebesar 9,603 KHz, ini disebabkan oleh keakuratan alat ukur dan pencuplikan gambar di osiloskop. Namun secara keseluruhan alat tersebut bekerja sesuai dengan kriteria disain.

E. Diskusi

Sistem komunikasi satelit nano memiliki dua subsistem penting yaitu satelit nano itu sendiri dan stasiun bumi. Khususnya untuk stasiun bumi, perangkat ini bekerja pada arah *downlink* saja. Di sisi stasiun bumi terdapat blok demodulator. Demodulator yang digunakan adalah demodulator GMSK dengan *baud rate* 19200Hz. kriteria disain untuk satu perangkat modul demodulator GMSK yakni, IF yang diperlukan sebesar 70 MHz, *baud rate* demodulasi sebesar 19200, dan BT filter Gaussian sebesar 0,5. Perancangan dilakukan dengan 2 pendekatan modul yang akhirnya diintegrasikan menghasilkan demodulator GMSK, yakni PLL demodulator FM dan filter Gaussian. PLL demodulator FM menggunakan IC NE568AD sedangkan filter Gaussian menggunakan IC CMX589A. Dari datasheet, dirancang dan dibuat sebuah layout dan direalisasikan dalam PCB. Kemudian dilakukan pengujian modul PLL demodulator FM, modul filter Gaussian, dan integrasi modul PLL demodulator FM dengan filter Gaussian. Hasil yang diperoleh output demodulator GMSK sebesar 9,603KHz, sesuai dengan input modulator GMSK sebesar 9,579KHz.

V. KESIMPULAN

Demodulator FM yang secara teori ideal dengan pendekatan diskriminator FM dapat diganti dengan pendekatan PLL sebagai demodulator FM. Filter Gaussian dengan BT 0,5 mampu bekerja dengan baik pada *baud rate* 19200 baud/s. Demodulator GMSK dapat bekerja cukup baik dan menghasilkan frekuensi output sebesar 9,603 KHz namun masih berada pada IF 10,70MHz.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim penelitian strategis nasional 2012 Kemdikbud "Pengembangan stasiun bumi untuk komunikasi data, citra, dan video dengan satelit LEO VHF/UHF/S-band menuju kemandirian teknologi satelit" yang telah memberikan dukungan finansial.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IiNUSAT. *Preliminary Design Review*. 2010.
- [2] Asthan, S.Rheyuniarto, "Desain dan Implementasi Modulator GMSK 19200 baud untuk Pengiriman Citra pada Payload Satelit Nano", Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Tugas Akhir, 2013.
- [3] Murota, Kazuaki., Hirade, Kenkichi., "GMSK Modulation for Digital Mobile Radio Telephony", IEEE Transactions On Communication Vol. Com-29, 1981.
- [4] Tsai, Ken, dkk., "Gaussian Minimum Shift Keying Modulator", IEEE Journal, 2012.
- [5] Madhow, Upamanyu, "Introduction to Communication Systems", 2008-2011.
- [6] Sabri, Willy, " PLL sebagai sistem pengontrol elektronik dan aplikasinya sebagai pemancar FM 100 watt", Litbang MB Elektron, 2012.
- [7] Philips Semiconductors, "The NE568A as a wideband FM modulator", January, 1996.
- [8] CML Microcircuits., "CMX589A GMSK Modem", CML Microsystems Plc, 2002.